

Väestön cesiummäärät ja sisäisen säteilyn aiheuttamat annokset – Pohjois-Lapin poronhoitajat

Ympäristön säteilyvalvonnan toimintaohjelma

Maarit Muikku, Tiina Torvela

Säteilyturvakeskus

Ympäristön säteilyvalvonta ja valmius

Maarit Muikku, Tiina Torvela

Säteilyturvakeskus
PL 14
00811 Helsinki
www.stuk.fi

Lisätietoja
Tiina Torvela
tiina.torvela@stuk.fi
puhelin 09 759 88 474

ISBN: 978-952-309-399-7 (pdf)

Sisällys

1	Tiivistelmä.....	1
2	Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa	1
3	Väestömittaukset Suomessa	2
4	Menetelmä.....	3
4.1	Suora gammaspektrometrinen ihmismittaus	3
4.2	Sisäisen altistuksen aiheuttaman annoksen arvioiminen.....	4
5	Tulokset.....	5
6	Johtopäätökset.....	8
7	Viitteet.....	10

1 Tiivistelmä

Pohjois-Suomen poronhoitajien keskimääräinen ^{137}Cs -aktiivisuus oli 500 bequereliä (Bq) henkilöä kohden. Se oli laskenut noin puoleen edellisten, vuonna 2011 tehtyjen mitausten keskiarvosta. Eri henkilöissä aktiivisuus vaihteli välillä 80–1930 Bq. Korkeimman mitatun ^{137}Cs -aktiivisuuden aiheuttama säteilyannos oli noin 0,05 millisievertiä vuodessa (mSv/v). Koko ryhmän vuodessa saamien annosten keskiarvo oli noin 0,02 mSv.

Keskimäärin poronhoitajat saavat ruokavalionsa sisältämästä ^{137}Cs :sta noin kolminkertaisen säteilyannoksen koko suomalaiseen väestöön verrattuna. Korkeimman nyt mitatun ^{137}Cs -aktiivisuuden aiheuttama säteilyannos oli koko väestöön verrattuna noin kymmenkertainen. Kymmenkertainenkin annos on kuitenkin vain muutama prosentti sisäilmassa olevan radonin aiheuttamasta annoksesta, joka on keskimäärin 1,6 mSv/v. Suomalaisten säteilyannosta vähennetäänkin tehokkaimmin pienentämällä huoneilman radonpitoisuutta.

Huhtikuussa 2017 Ivalossa mitattiin yhteensä 88 poronhoitoelinkeinon parissa Inari-Utsjoen alueella työskentelevän henkilön kehon sisäisen radioaktiivisuuden määrä. Mitaukset tehtiin STUKin liikkuvan laboratorion gammaspektrometrillä laitteistolla.

2 Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa

Ympäristön säteilyvalvonnasta Suomessa vastaa Säteilyturvakeskus. Ympäristön säteilyvalvonta muodostuu vuosittain toteutettavasta jatkuvasta ohjelmasta, kerran strategiakaudella (5–10 vuotta) toteutettavista osaohjelmista sekä ydinvoimalaitosten ja kaivos-ten ympäristön säteilyvalvonnasta.

Muun muassa ulkoista säteilyannosta, ulkoilman radioaktiivisuutta ja elintarvikkeita valvotaan jatkuvasti. Tämä antaa yleiskuvan säteilytilanteesta Suomessa. Mittaustulokset löytyvät Säteilyturvakeskuksen (STUK) internetsivuilta: <http://www.stuk.fi/aiheet/sateily-ymparistossa>.

Jatkuvan valvonnan tuloksia täydennetään tarpeen mukaan osaohjelmien avulla. Niissä tuotetaan yksityiskohtaisempaa tietoa suomalaisten kannalta tärkeimmistä säteilyaltistuksen lähteistä. Osaohjelmista kerrotaan tarkemmin STUKin internetsivuilla: <http://www.stuk.fi/stuk-valvoo/ympariston-sateilyvalvonta/osaohjelmat>.

Väestömittaukset Suomessa

Säteilyturvakeskus (STUK) on seurannut suorien gammaspektrometristen ihmismittauksien eli ns. kokokehomittausten avulla suomalaisen väestön saamia sisäisen säteilyn annoksia 1960-luvulta lähtien. Mittausten avulla on voitu seurata sekä ydinasekokeista että Tšernobylin onnettomuudesta peräisin olevien radioaktiivisten aineiden hidasta poistumista ihmiskehosta.

Pitkällä aikavälillä säteilyannosten kannalta tärkein aine on cesiumin pitkäikäinen radioaktiivinen isotooppi ^{137}Cs . Ihmisellä sen merkittävin lähde on ravinto; kun ravinnon ^{137}Cs -aktiivisuus vähenee, vähenee myös aktiivisuus ihmisen kehossa. Ydinasekokeista peräisin olleet ihmisten ^{137}Cs -aktiivisuudet olivat suurimmillaan 1960-luvun puolivälissä, mutta ihmisistä voitiin mitata vielä pieniä määriä ^{137}Cs :a vielä ennen vuonna 1986 tapahtunutta Tšernobylin ydinvoimalaitosonnettomuutta. Tämän jälkeen mitatut määrät ovatkin pääasiallisesti peräisin Tšernobylin laskeumasta.

Pohjois-Lapin poronhoitajat on Suomessa sellainen ihmisryhmä, jolle ydinkoelaskeuman cesium aiheutti selvästi suuremman sisäisen säteilyn annoksen kuin muille. Poronhoitajista kokokehomittauksiin valitun otoksen lisäksi 1960–1980-luvuilla mitattiin pääkaupunkiseutulausista muodostettua vertailuryhmää. Ydinasekokeiden seurauksena pitkällä aikavälillä tullut laskeuma jakaantui Suomessa tasaisesti, mutta silti vertailuryhmän ja Pohjois-Lapin poronhoitajaryhmän cesiummäärien ero oli huomattava. Ero johtuu erilaisesta ravinnosta. Lapin karussa luonnossa erityisesti ravintoketju jäkälä-poroihminen on voimakas cesiumin rikastaja ja poronhoitajien ravinto sisältää paljon poronlihaa. Poronhoitajien mittaukset on tähän asti tehty yhteistyössä Helsingin yliopiston Radiokemian laboratorion kanssa.

Tšernobylin ydinvoimalaitosonnettomuuden seurauksena vuonna 1986 tullut laskeuma jakaantui erittäin epätasaisesti. Lappiin sitä tuli suhteellisen vähän, kuten pääkaupunkiseudullekin. Loppuvuodesta 1986 valittiin satunnaisotannalla suoriin ihmismittauksiin noin 5000 henkilöä eri puolilta Suomea. Heistä 380 saapui mittaukseen. Mitattavat jaettiin viiteen eri laskeuma-alueita vastaavaan ryhmään (Rahola et al. 1987). Pääkaupunkiseutu jätettiin ensimmäisestä otannasta pois, koska se kuului vähiten laskeumaa saaneeseen alueeseen, joka oli muutenkin hyvin edustettuna otannassa. Vuonna 1988 vastaavanlainen otanta tehtiin Helsingin alueella asuvista henkilöistä. Tällöin mittaukseen saapui 180 henkilöä. Satunnaisotannalla määritettyä ryhmää mitattiin vuosina 1986–1996. Lisäksi mitattiin erityisryhmiä, jotka saivat ruokavaliostaan cesiumia keskimääräistä enemmän. Tällaisia ryhmiä muodostettiin esimerkiksi paljon luonnontuotteita syövästä henkilöistä Päijät-Hämeessä (laskeuma-alue 5) ja Keski-Suomessa (laskeuma-alue 3) sekä Hallan paliskunnan poronhoitajista (Ämmänsaari). Hallan paliskunnan alueelle Tšernobylin onnettomuudesta peräisin olevaa ^{137}Cs -laskeumaa tuli enemmän kuin Lapin paliskuntien alueelle. Myös 1960-luvulta alkanutta Pohjois-Lapin poronhoitajista koostu-

van tutkimusryhmän jäsenten mittaamista jatkettiin (Rahola et al. 1993, Leppänen et al. 2011).

Nykyään mitataan Pohjois-Lapin poronhoitajista ja paljon luonnontuotteita Päijät-Hämeessä syövästä henkilöstä muodostettuja tutkimusryhmiä sekä vertailuryhmää. Muutaman vuoden välein toteutettavilla väestöryhmien mittauksilla seurataan cesiumin poistumista suomalaisten kehosta sekä arvioidaan cesiumista aiheutuneet säteilyannokset. Projektiin osallistuminen on vapaaehtoista ja tutkimushenkilöt voivat milloin tahansa vetäytyä tutkimuksesta ilman, että tarvitsee ilmoittaa mitään syytä vetäytymiselle. Tutkimuksessa kerättäviä luottamuksellisia tutkimustietoja ei luovuteta muille henkilöille kuin mitattavalle itselleen. Lisäksi tutkimuksen tulokset julkaistaan sellaisessa muodossa, ettei yksittäisiä henkilöitä voi tunnistaa.

4 Menetelmä

4.1 Suora gammaspektrometrinen ihmismittaus

Tärkein menetelmä ihmisen kehoon joutuneiden radioaktiivisten aineiden määrittämiseen on suora gammaspektrometrinen mittaus ihmisen radioaktiivisuuden mittauslaitteistolla. Siinä elimistössä olevat radioaktiiviset aineet määritetään kehon ulkopuolella olevilla säteilynlmaisimilla, nykyään puolijohdekiteillä.

STUKissa on kaksi ihmisten mittaukseen soveltuvaa laitteistoa, jotka koostuvat gammasäteilyn ilmaisimista ja spektrianalyysilaitteistosta. Pääkaupunkiseudulta valitun vertailuryhmän mittaukset tehdään Helsingissä STUKin laboratorioon kiinteästi asennetulla laitteistolla. Muualla kuin pääkaupunkiseudulla tehtävät mittaukset toteutetaan kuorma-autoon asennetulla laitteistolla, niin kutsutussa liikkuvassa laboratorioissa (Kuva 1). Mittauksen tuloksena on gammaspektri, jonka avulla ihmisessä olevat radioaktiiviset aineet voidaan tunnistaa ja määrittää niiden aktiivisuus ja jakautuminen kehossa. Mittauksissa tutkimushenkilöitä ei altisteta ionisoivalle säteilylle. Liikkuvassa laboratorioissa mittaus kestää tavallisesti noin 20 minuuttia. Mittausten tulokset ovat valmiit mittauksen päätyttyä ja ne annetaan asianomaiselle henkilölle heti mukaan.



Kuva 1. Umpikoriseen ilmastoinnilla ja sähkösyötön varmistusjärjestelmällä varustettuun kuorma-autoon on sijoitettu laitteisto suoria gammaspektrometrisiä ihmismittauksia varten. Liikkuvan laboratorion erityinen ominaisuus on taustasäteilysuoja, joka koostuu lyijytuolista (paino noin tuhat kiloa) ja ilmaisimia ympäröivistä lyijysuojista.

Suoran gammaspektrometrinen mittauksen lisäksi suoritetaan ravintokysely. Lomakkeessa kysytään ravinnon kulutuksen lisäksi nimeä, osoitetta ja henkilötunnusta. Henkilötunnusta tarvitaan tietojen tallentamiseen henkilörekisteriin. Mittaustietoihin sisältyy ^{137}Cs -määrän lisäksi mittaussnumero ja -päivämäärä, kellonaika, mittausaika, henkilön nimi ja ryhmäkoodi sekä henkilön pituus ja paino. Kahta jälkimmäistä tietoa tarvitaan tulosten laskennassa, sillä mittaustilaisuuksien antamat tulokset riippuvat henkilön koosta.

4.2 Sisäisen altistuksen aiheuttaman annoksen arvioiminen

Sisäisestä säteilystä aiheutuva annos aiheutuu kehon radioaktiivisten aineiden lähettämän säteilyn energian absorboitumisesta elimiin ja kudoksiin. Säteilyannoksen kertyminen jatkuu, kunnes radioaktiiviset aineet ovat erittyneet pois kehosta tai hävinneet radioaktiivisen hajoamisen seurauksena. Radioaktiivisen aineen määrä tietyssä elimessä riippuu kehoon tulevasta ja kehosta poistuvasta määrästä, nuklidin kulkeutumisesta elimistössä sekä altistusreitistä (hengitys, ravinto, haavat). Suoran gammaspektrometrin mittauksen tuloksen lisäksi tarvitaan tieto, milloin tai millä aikavälillä altistus on tapahtunut. Lisäksi tulisi tietää, missä fysikaalis-kemiallisessa muodossa radionuklidi on saantihetkellä ollut. Aineen olomuoto vaikuttaa siihen osuuteen, joka niellystä tai hengitetystä ainemäärästä siirtyy ruoansulatuselimistöä ja keuhkoista vereen ja muihin kehon nesteisiin.

Määritettäessä kehossa havaitun ^{137}Cs :n aktiivisuuden avulla efektiivisen annoksen vuosikertymää, annoskertoimenä on aikaisemmin käytetty $2,5 \mu\text{Sv a}^{-1} (\text{Bq/kg})^{-1}$ (UNSCEAR 1988; yksikkö a tarkoittaa vuotta). Se on päivitetty vastaamaan myöhempiä Kansainväli-

sen säteilysuojelukomission suosituksia (ICRP 72, 1996) ja tässä raportissa annosker-toimen arvona käytetään $2,3 \mu\text{Sv a}^{-1} (\text{Bq/kg})^{-1}$. Kertoimen laskuperusteet on selvitetty raportin *Annoskakku 2004 – Suomalaisten keskimääräinen efektiivinen annos* liitteessä 2 (Muikku et al. 2005). Annosmäärittämisessä oletetaan, että ihmisessä olevan ^{137}Cs :n määrä on pysynyt vuoden aikana vakiona.

5 Tulokset

Mittaukseen kutsuttiin noin 180 täysi-ikäistä, alle 90 -vuotiasta poronhoitajaa Inarin ja Utsjoen alueen paliskunnista. Lisäksi kutsu lähetettiin alueen poroisännille. Koska mit-tausryhmän keski-ikä on nykyään melko korkea, kutsu laajennettiin koskemaan myös muita perheenjäseniä, jotka työskentelevät poronhoitoelinkeinon parissa Inarin ja Uts-joen kuntien alueella.

Huhtikuussa 2017 mitattiin STUKin liikkuvassa laboratoriossa Ivalossa yhteensä 125 henkilöä, joista kuitenkin osa oli satunnaisia paikalle tulleita alueen asukkaita. Mittaus-ryhmään kuuluvia, poronhoitoelinkeinon parissa Inari-Utsjoen alueella työskenteleviä henkilöitä mitattiin 88, joista naisia oli 39 ja miehiä 49.

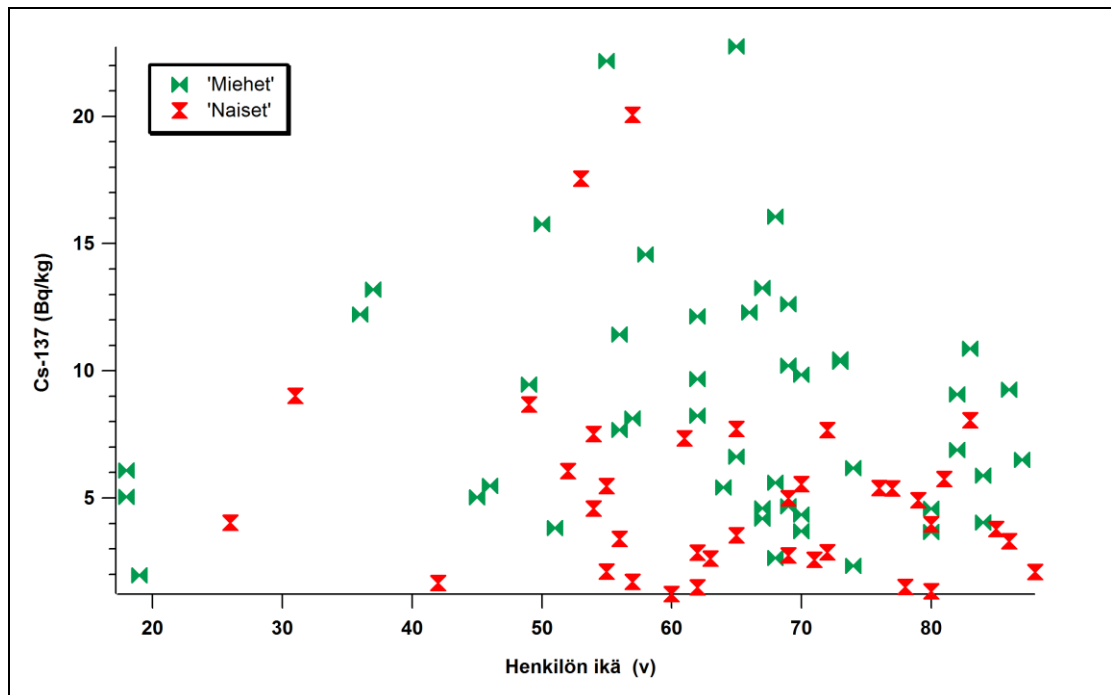
Poronhoitajista koostuvan ryhmän aikuisten keskimääräinen ^{137}Cs -aktiivisuus oli 500 Bq henkilöä kohden aktiivisuuden vaihdellessa välillä 80–1930 Bq/henkilö. Tässä ryhmässä korkeimman mitatun ^{137}Cs -aktiivisuuden aiheuttama efektiivinen annos oli 0,052 mSv/v vuodessa ja ryhmän keskimäärin vuodessa saama annos oli 0,016 mSv/v. Kehossa ole-vasta ^{137}Cs :ta aiheutui vuonna 2012 koko Suomen aikuisväestölle keskimäärin 0,005 millisievertin annos. (Muikku et al. 2014). Taulukossa 1 on esitetty miesten ja naisten aktiivisuuksien keskiarvot sekä niiden vaihteluvälit.

Taulukko 1. Mittausten tulokset sekä niiden perusteella arvioidut efektiiviset annokset.

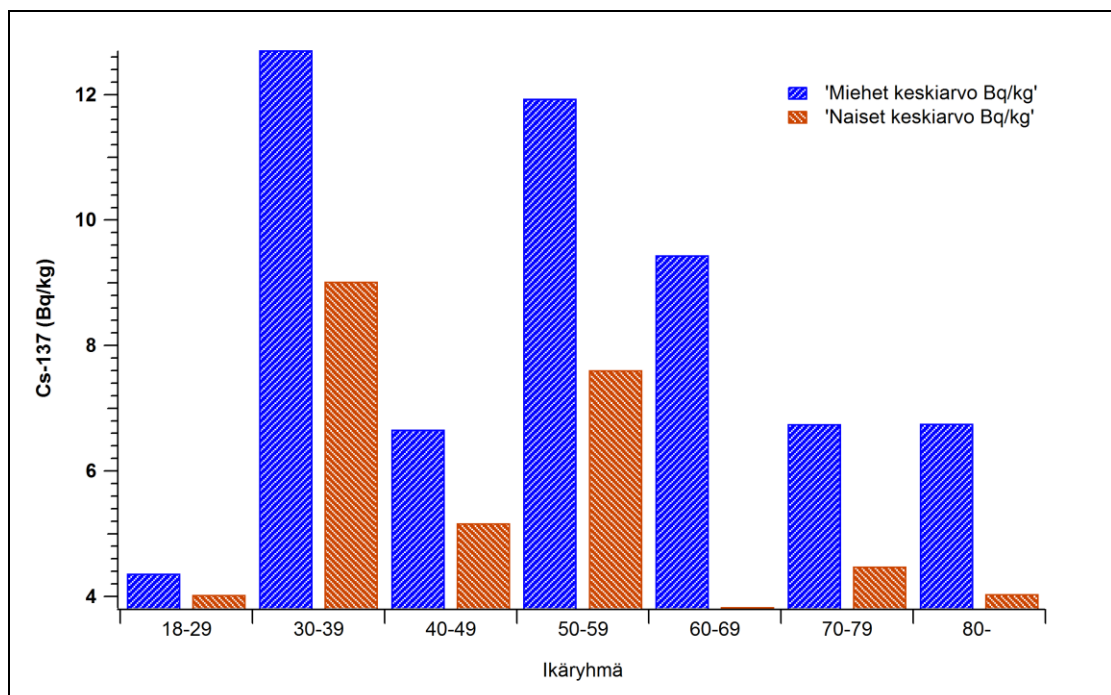
	Poronhoitajat KAIKKI	Poronhoitajat MIEHET	Poronhoitajat NAISET	Muut mitatut alueen asukkaat
Henkilöiden lukumäärä	88	49	39	37
Aktiivisuus	(Bq/hlö)	(Bq/hlö)	(Bq/hlö)	(Bq/hlö)
· keskiarvo	500	650	330	170
· mediaani	430	590	290	150
· vaihteluväli	80-1930	160-1930	80-930	< MDA ¹ - 690
Aktiivisuus painokiloa kohti	(Bq/kg)	(Bq/kg)	(Bq/kg)	(Bq/kg)
· keskiarvo	7,0	8,5	5,4	2,4
· mediaani	5,6	7,7	4,7	2,1
· vaihteluväli	1,2-22,8	2,0-22,8	1,2-20,1	maksimi 7,7
Vuotuinen efektiivinen annos	(mSv)	(mSv)	(mSv)	(mSv)
· keskiarvo	0,016	0,019	0,012	0,005
· mediaani	0,013	0,018	0,011	0,005
· vaihteluväli	0,052	0,052	0,046	0,018
Ikä	(vuotta)	(vuotta)	(vuotta)	(vuotta)
· keskiarvo	63,9	63	65,8	61,4
· mediaani	66,5	67	67	64
· vaihteluväli	18-88	18-87	26-88	23-89

Mitatun ryhmän keski-ikä oli melko korkea (63,9 vuotta), minkä takia tämä selvitys ei anna kattavaa käsitystä koko poronhoitajaväestön altistumisesta. Kuvassa 2 on esitetty mitattujen aktiivisuuksien jakautuminen eri ikäisillä henkilöillä. Tulos on esitetty henkilön painokiloa kohti. Kuvasta 2 nähdään, että korkeimmat yksittäiset ¹³⁷Cs-aktiivisuudet mitattiin noin 50–70-vuotiaista henkilöistä. Alle 50-vuotiaiden mitattujen määrä on kuitenkin niin pieni, ettei pitoisuuksista voi tehdä yleisiä johtopäätöksiä. Kuvassa 3 on esitetty ¹³⁷Cs-aktiivisuudet painokiloa kohti ikäryhmittäin miehille ja naisille. Aktiivisuus painokiloa kohti oli suurempi miehillä kaikissa ikäryhmissä.

¹ MDA (Minimum Detectable Activity) = pienin havaittava aktiivisuus. Tällöin tulos on vähemmän kuin 50 Bq, mutta tulosta ei voida sen tarkemmin määrittää.



Kuva 2. ^{137}Cs :n aktiivisuus painokiloa kohden Pohjois-Lapin poronhoitajamiehissä ja -naisissa.



Kuva 3. ^{137}Cs :n keskimääräinen aktiivisuus painokiloa kohden Pohjois-Lapin poronhoitajamiehissä ja -naisissa ikäryhmittäin.

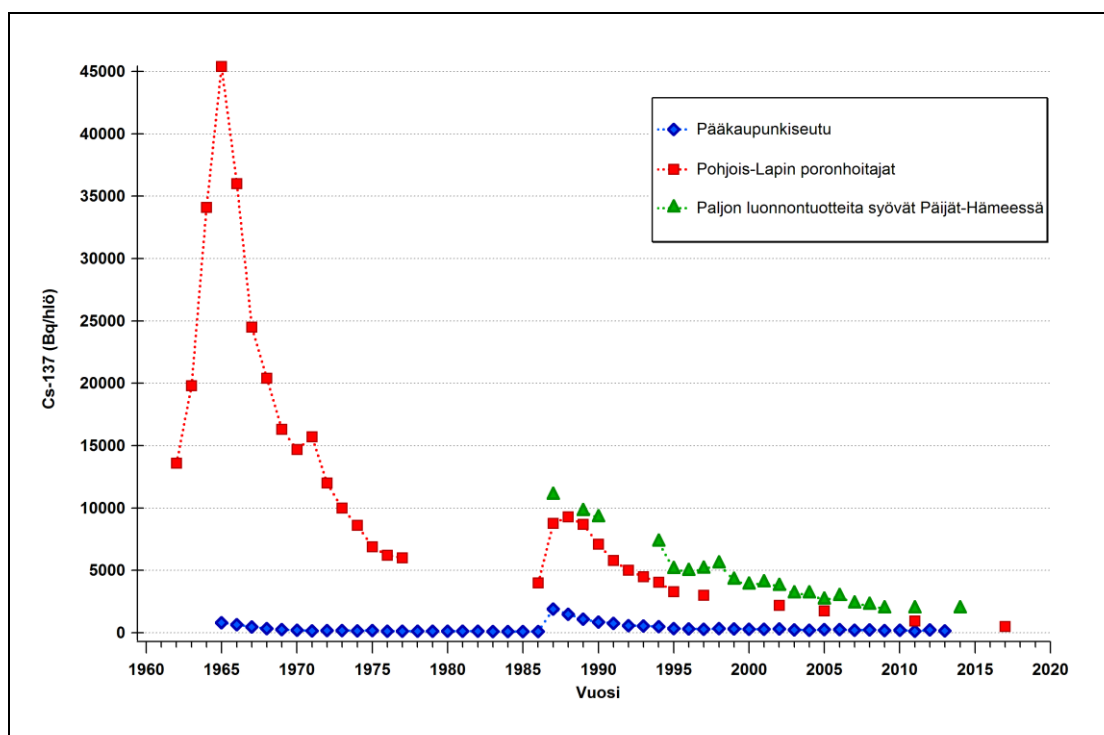
6

Johtopäätökset

Poronhoitajien keskimääräinen ^{137}Cs -aktiivisuus, 500 Bq, on laskenut noin puoleen edellisten vuonna 2011 tehtyjen mittausten keskiarvosta, 950 Bq (Kuva 4). Tähän on monta syytä. Ensinnäkin poronlihan ^{137}Cs -pitoisuus alenee. Inarin ja Utsjoen alueen paliskunnissa poronlihan keskimääräinen ^{137}Cs -pitoisuus on laskenut tasaisesti vuosina 2007–2014 yksittäisten mittaustulosten vaihdellessa välillä 40–250 Bq/kg (AMAP 2015, STUK 2017).

Toiseksi, myös ruokavalion muutokset vaikuttavat poronhoitajien keskimääräiseen ^{137}Cs -aktiivisuuteen. Ravintokyselyn mukaan poronlihaa syödään harvemmin kuin ennen. Läheskään kaikki poronhoitajat eivät syö enää poronlihaa päivittäin, mikä taas oli yleistä aikaisemmin. Lisäksi omaan käyttöön teurastettavien porojen valinnassa on tapahtunut muutoksia. Nykyään syödään enemmän vassoja kuin aikaisemmin. Muutos on tapahtunut haastateltujen mukaan parin viimeisen vuosikymmenen aikana. Osa haastatelluista kertoi teurastavansa omaan käyttöön lähinnä urospuolisia vassoja. Vasat syntyvät keväällä ja teurastetaan tyypillisesti syystalvella, joten ne eivät juurikaan syö jäkälää ennen teurastamista. Tästä syystä niiden ^{137}Cs -pitoisuus on pienempi kuin aikuisten porojen.

Kolmanneksi, porojen lisäruokinta on yleistynyt jäkälän puutteen takia. Haastatellut kertoivat, että poroja ruokitaan parin kuukauden ajan kevättalvella ja keväällä esimerkiksi heinällä. Heinän ^{137}Cs -pitoisuus on pieni verrattuna jäkälään.



Kuva 4. ^{137}Cs :n aktiivisuus henkilöä kohden pääkaupunkiseudun väestöä edustavassa vertailuryhmässä, Pohjois-Lapin poronhoitajissa sekä paljon luonnontuotteita syövien ryhmässä Päijät-Hämeessä.

Mitattavan ryhmän keski-ikä on noussut vuosien aikana ja on nykyään melko korkea, 63,9 vuotta. Tästä syystä tämä selvitys ei anna kattavaa kuvaa koko poronhoitajaväestön altistumisesta, mutta antaa toki käsityksen ^{137}Cs :n aiheuttamien sisäisen säteilyn annoksien suuruusluokasta. Poronhoitajat saavat ruokavalionsa sisältämästä ^{137}Cs :sta keskimäärin noin kolminkertaisen säteilyannoksen verrattuna kaikkien suomalaisten keskiarvoon. Korkeimman nyt mitatun ^{137}Cs -aktiivisuuden aiheuttama efektiivinen annos on noin kymmenkertainen suomalaisten keskimääräiseen annokseen verrattuna. Kymmenkertainenkin annos on kuitenkin vain muutama prosentti sisäilmassa olevan radonin keskimäärin suomalaisille aiheuttamasta säteilyannoksesta, 1,6 mSv/v (Muikku et al. 2014). Suomalaisten säteilyannosta vähennetäänkin tehokkaimmin pienentämällä huoneilman radonpitoisuutta rakentamalla uudet talot radonturvallisesti ja korjaamalla vanhoja taloja radonturvallisiksi.

Mikäli poronhoitajien ^{137}Cs -aktiivisuuksien seuranta jatketaan, on mittauksiin kutsuttava nuorempaa poronhoitajasukupolvea. Nuoremman sukupolven tavoittaminen voi olla haasteellista. Mittauskutsun laajentaminen koskemaan myös kutsutun henkilön muita perheenjäseniä sekä kutsun lähettäminen paliskuntien poroisännille ei ollut tähän tarkoitukseen riittävä toimenpide. Mittausajankohdan valitseminen sopivammaksi poronhoitajien vuosiaikatauluun saattaisi lisätä kiinnostusta osallistua mittauksiin.

AMAP Assessment 2015: Radioactivity in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway.

ICRP Publication 72. (Annals of the ICRP Vol. 26 No.1,1996). Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 5.

Leppänen A-P, Muikku M, Jaakkola T, Lehto J, Rahola T, Rissanen K, Tillander M. Effective half-lives of ^{134}Cs and ^{137}Cs in reindeer meat and in reindeer herders in Finland after the Chernobyl accident, and the ensuing effective radiation doses to humans. Health Physics 2011; 100 (5): 468–481.

Muikku M, Arvela H, Järvinen H, Korpela H, Kostiainen E, Mäkeläinen I, Vartiainen E, Vesterbacka K. STUK-A211: Annoskakku 2004 – Suomalaisten keskimääräinen efektiivinen annos. Helsinki 2005.

Muikku M, Bly R, Kurttio P, Lahtinen J, Lehtinen M, Siiskonen T, Turtiainen T, Valmari T, Vesterbacka K. STUK-A259: Suomalaisten keskimääräinen efektiivinen annos - Annoskakku 2012. Helsinki 2014.

Rahola T, Suomela M. Illukka E, Puhakainen M, Pusa S. STUK-A64: Radioactivity of people in Finland after the Chernobyl accident in 1986. Helsinki 1987.

Rahola T, Suomela M. Illukka E, Puhakainen M, Pusa S. STUK-A96: Radioactivity of people in Finland in 1988–1990. Helsinki 1993.

STUK: <http://www.stuk.fi/aiheet/elintarvikkeet-ja-juomavesi/liha-riista-ja-kala/poron-lihan-cesium-paliskunnittain>, 7.6.2017.

UNSCEAR 1988. Sources, effects and risks of ionizing radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 1988 Report to the General Assembly, with scientific annexes.